

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERAS CIVILES**

**TEMA:  
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ENTRE  
BLOQUES ORDINARIOS Y BLOQUES CON LA INTRODUCCIÓN DE  
MATERIALES ALTERNATIVOS: CAUCHO Y COQUILLA DE PALMA  
AFRICANA UTILIZANDO LA NORMA INEN 639.**

**AUTORAS:**

**CLARA HORTENCIA LEON GUAMAN  
ERIKA VANESSA VALLEJO AGUAYO**

**TUTOR:**

**NELSON ANDRÉS LÓPEZ MACHADO**

**Quito, febrero del 2019**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES**


Nosotras, Clara Hortencia Leon Guaman, con documento de identificación N° 1724617913 y Erika Vanessa Vallejo Aguayo, con documento de identificación N° 1722218177, manifestamos nuestra voluntad y sedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación intitulado: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ENTRE BLOQUES ORDINARIOS Y BLOQUES CON LA INTRODUCCIÓN DE MATERIALES ALTERNATIVOS: CAUCHO Y COQUILLA DE PALMA AFRICANA UTILIZANDO LA NORMA INEN 639, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Nombre: Clara Hortencia Leon Guaman  
Cédula: 1724617913



.....

Nombre: Erika Vanessa Vallejo Aguayo  
Cédula: 1722218177

Fecha: Quito, febrero del 2019

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A**

Yo, Nelson Andrés López Machado declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el artículo académico: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ENTRE BLOQUES ORDINARIOS Y BLOQUES CON LA INTRODUCCIÓN DE MATERIALES ALTERNATIVOS: CAUCHO Y COQUILLA DE PALMA AFRICANA UTILIZANDO LA NORMA INEN 639, realizado por Clara Hortencia Leon Guaman y Erika Vanessa Vallejo Aguayo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2019



.....

Atentamente:

Nelson Andrés López Machado

CI: 1758488736

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ENTRE BLOQUES ORDINARIOS Y BLOQUES CON LA INTRODUCCIÓN DE MATERIALES ALTERNATIVOS: CAUCHO Y COQUILLA DE PALMA AFRICANA UTILIZANDO LA NORMA INEN 639**

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES BETWEEN ORDINARY BLOCKS AND BLOCKS WITH THE INTRODUCTION OF ALTERNATIVE MATERIALS: RUBBER AND AFRICAN PALM SHELL USING THE INEN 639 STANDARD**

Clara Leon-Guaman<sup>1</sup>, Erika Vallejo-Aguayo<sup>2</sup>

### **Resumen**

La presente investigación analiza las características físicas y mecánicas de los bloques, incluyendo en la mezcla de los hormigones materiales alternativos: caucho y coquilla de palma africana, los resultados obtenidos fueron comparados con bloques tradicionales, con el objeto de determinar si estos cumplen con la normativa vigente en nuestro país. Los bloques ordinarios se los desarrolló de forma tradicional con la utilización de materiales básicos como son: polvo de piedra, cascajo, cemento y agua; los segundos tipos de bloques se los elaboró de la misma manera sin embargo a éstos, se les reemplazó porcentajes correspondientes al 10%, 20%, 30% y 40% de materiales alternativos. Los resultados de los ensayos a compresión en los bloques, manifiestan que los bloques ordinarios y los elaborados con 10% y 20% de caucho y 10% y 20% de coquilla cumplen con la resistencia establecida por norma, sin embargo, los bloques restantes no alcanzan la resistencia admisible determinada por la norma INEN 639.

### **Abstract**

The present investigation analyzes the physical and mechanical characteristics of the bricks, including in the mixture of the concrete alternative materials: rubber and African palm mold, the results obtained were compared with traditional bricks, in order to determine if they comply with the regulations current in our country. The ordinary bricks were developed in a traditional way with the use of basic materials such as: stone dust, gravel, cement and water; the second types of bricks were made in the same way, however, they were replaced with percentages corresponding to 10%, 20%, 30% and 40% of alternative materials. The results of the compression tests in the bricks, show that the ordinary bricks and those made with 10% and 20% rubber and 10% and 20% African palm shell comply with the resistance established by norm, however, the remaining bricks do not reach the admissible resistance determined by the INEN 639 standard.

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Civil - Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Civil - Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito, Ecuador.

Autor para correspondencia: cleong@est.ups.edu.ec, evallejoa@est.ups.edu.ec

***Palabras clave:*** Caucho, Coquilla de palma africana, Ensayos a compresión, Resistencia. ***Keywords:*** Rubber, African palm shell, Compression tests, Resistance.

## **1. Introducción**

El bloque de hormigón es el elemento más común para ser utilizado en obras, sea para la construcción de muros portantes, no portantes y losas de alivianamiento, sin embargo, este ha ido reemplazando con el transcurso del tiempo a lo que conocíamos como adobe. Actualmente la industria de la construcción ha buscado nuevos materiales, desarrollando investigaciones basadas en la conservación del medio ambiente y aprovechamiento de residuos reciclados. En la implementación y el desarrollo de nuevos materiales de construcción, siempre se han buscado alternativas que satisfagan con características similares a los materiales convencionales [1].

En Ecuador se han desarrollado trabajos de investigación que incluyen en la mezcla del hormigón materiales reciclados para la elaboración de los bloques, en este caso se menciona la tesis “Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya”. En la cual el autor señala que, al realizar el ensayo de compresión de los bloques con sus celdas en posición vertical, se obtuvo que los bloques de hormigón con 3,3% de fibra de cabuya de 2 cm de longitud, incrementaron su resistencia a compresión tanto neta como bruta en un 24% aproximadamente en comparación con los bloques de hormigón sin fibra [2].

Los bloques utilizados en la presente investigación deberán cumplir con los requisitos de la Norma INEN 639 y las normas complementarias INEN 638 y 643. Un bloque se define como una pieza prefabricada de hormigón simple, elaborada con cemento hidráulico, agregados gruesos y finos, con o sin aditivos en forma de paralelepípedo, con o sin huecos en su interior [3]. Para bloques de mampostería no soportantes,

la resistencia mínima neta a la compresión debe ser de 3.5 Mpa por bloque [4], ésta debe calcularse sobre el área neta transversal y, tanto el material como la mano de obra, deben cumplir estándares de calidad [5]. El ensayo que determina la resistencia a compresión en bloques consiste en aplicar a los mismos una carga que se va aumentando gradualmente, la cual se aplica a una velocidad constante hasta que se produzca la falla del bloque, posteriormente se registra la carga máxima de compresión y de esta manera determinar su resistencia admisible. Los especímenes son ensayados con sus celdas en posición vertical, es decir en las posiciones que pueden tener durante el servicio, y deben estar libres de humedad visible en cualquier superficie de la unidad [2].

De forma particular para esta investigación se utilizaron residuos de caucho de la empresa Renovallantas ubicada en la ciudad de Quito y los desechos de la palma africana provenientes de la empresa Epacem S.A. ubicada en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Los materiales reciclados antes mencionados se incorporaron a la mezcla de hormigón para la fabricación de los bloques razón por la cual, la importancia de este proyecto radica en un aporte al conocimiento científico técnico de los materiales de construcción mediante la propuesta de un bloque de mampostería que presente propiedades mecánicas semejantes a los bloques convencionales. Por lo tanto, el objetivo general de este trabajo de investigación es comparar los bloques ordinarios frente a los bloques elaborados con caucho y con coquilla de palma africana, y a su vez verificar que la introducción de estos materiales en la mezcla no haya afectado la resistencia de los mismo

## 2. Materiales y Métodos

Los agregados son extraídos de yacimientos - canteras, para posteriormente transportarlos en camiones o volquetas y ser ubicadas en los sitios de fabricación para bloques.

### 2.1 Materiales utilizados

#### 2.1.1 Agregados

Agregado fino (Polvo de piedra) y Agregado grueso (Cascajo) son los materiales utilizados para el diseño del hormigón extraídos del yacimiento La Tacaso y El Chasqui respectivamente, en laboratorio se realizó los ensayos indicados en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Ensayos realizados a los agregados.

Ensayo	Norma
Análisis granulométrico	NTE INEN 696 (ASTM C33)
Peso unitario suelto y compacto	NTE INEN 858 (ASTM C-129)
Peso volumétrico y porcentaje de absorción	NTE INEN 858 (ASTM C-129)
Porcentaje de abrasión	NTE INEN 860 (ASTM C-131)
Contenido de humedad	NTE INEN 862 (ASTM - 566)



**Figura 1.** Polvo de piedra (a), Cascajo (b)

#### 2.1.2 Cemento

Se eligió cemento Selvalegre, que es un cemento portland tipo 1, utilizado en construcciones de hormigón, tiene alta resistencia y menor permeabilidad que responden a las exigencias de los requisitos en la Norma NTE INEN 152 [6].



**Figura 2.** Cemento selvalegre 50 kg.

#### 2.1.3 Agua

Como característica general el agua debe ser consumible para el ser humano, por esto la utilización de agua potable con una temperatura ambiente de 18 – 23°C.

#### 2.1.4 Caucho

El caucho utilizado proviene de la empresa Renovallanta ubicado al sur de Quito, es un material reciclado de color negro, liviano, textura fina y alargada alrededor de 1cm con excelentes propiedades de elasticidad, resistencia térmica y sustancias alcalinas. Por su densidad se utilizó el peso en volumen para 1m<sup>3</sup>, utilizando un total de 0,692 m<sup>3</sup> distribuidos en diferentes proporciones para la dosificación, reemplazando en determinado porcentaje al agregado fino.



**Figura 3.** Residuos de caucho Renovallanta.

#### 2.1.5 Coquilla de palma africana

También se utilizó coquilla de palma africana originario de la empresa Epacem S.A. ubicada en la provincia de Santo Domingo, los residuos de este fruto son de color café oscuro, forma ovalada, y bastante liviano. La razón principal de utilizar este material es crear un nuevo

tipo de hormigón haciéndolo más económico aun, y al ser mezclado no pierda su resistencia a la compresión, así mismo por su densidad su peso se utilizó en volumen para  $1 \text{ m}^3$ , manejando un total de  $0,692 \text{ m}^3$  en diferentes proporciones, reemplazando en determinado porcentaje al agregado fino.



**Figura 4.** Coquilla de palma africana.

## **2.2 Metodología**

### **2.2.1 Acopio de los materiales**

Los agregados tanto finos como gruesos deben estar protegidos de agentes atmosféricos y deben estar separados según su tamaño y su clase. El cemento debe estar protegido de la humedad, si está almacenado en sacos debe colocarse sobre un entablado, se deberá procurar usar los cementos más antiguos o que más días tengan de almacenamiento.

### **2.2.2 Dosificación**

Es el proceso mediante el cual se establece la cantidad adecuada de agregados para una mezcla, estos pueden ser al peso o volumen, pero es recomendable realizar una dosificación al peso para tener mayor exactitud, también se debe controlar el agua, ya que si el material está saturado esto inferirá en la consistencia de la mezcla [1].

Para el diseño del hormigón, se utilizó la metodología indicada por el ACI 211.1-91 para una resistencia  $f'_c = 3,5 \text{ Mpa}$  [7]. Sin embargo debido a que los agregados no cumplieron con las recomendaciones granulométricas de la ASTM C33, se utilizó el Método de la Road Note Laboratory descrito en

Tecnología de Concreto de la Asocreto [8]. La solución gráfica mediante este método indica que la combinación óptima se encuentra proporcionando el 90% de agregado fino (Polvo de piedra) y 10% de agregado grueso (Cascajo), correspondientes a cada tamiz del material combinado.

El asentamiento requerido para la mezcla es de 2cm, este se escogió de acuerdo a la consistencia (seca) y grado de trabajabilidad (pequeño) de acuerdo a la tabla 11.1 de la Asocreto [8], para verificar este asentamiento se realizó el ensayo de revenimiento en estado fresco con el cono de Abrams cumpliendo con la norma NTE INEN 1578 [9].



**Figura 5.** Cono de Abrams.

### **2.2.3 Fabricación**

Para la fabricación de los bloques se utilizaron dos equipos sumamente importantes; mezcladora y vibrocompactadora con moldes que cumplen las dimensiones establecidas. El tiempo de mezclado fue de aproximadamente 5 min hasta alcanzar una homogeneidad entre los materiales y el tiempo de vibrado aproximadamente 1min, los tiempos descritos fueron tomados de forma experimental realizando varias pruebas y cerciorando que el espécimen no se adhiriera al molde y tome la forma correcta



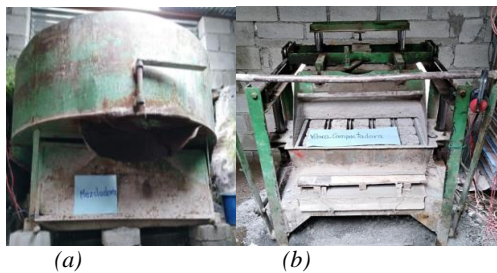


Figura 6. Mezcladora (a), Vibro-compactadora (b).

### 2.2.4 Curado

Una vez elaborados los bloques de mampostería no soportantes con dimensiones verificadas 15x20x40cm permanecieron protegidos de agentes externos.

El tiempo de curado es de al menos 12 a 24 horas sumergidos en un tanque de agua, si no se dispone de cuartos de curado se recomienda rociar agua 3 veces al día por una semana [1].



Figura 7. Curado de bloques.



Figura 8. Verificación de dimensiones.

### 2.2.5 Refrentado

El refrentado de las muestras debe estar de acuerdo con NTE INEN 2619, la cual establece que la resistencia mínima del mortero debe ser de 24 Mpa [10]. Por ello se realizó el diseño del mortero en relación 1:1 que dio como resultado una resistencia de 31 MPa.



Figura 9. Proceso de refrentado.

### 2.2.6 Ensayo de compresión

Una vez refrentados los bloques, estos se ensayaron a compresión. La resistencia a la compresión es la resistencia máxima que soporta un espécimen generalmente a la edad de 28 días y se expresa en Mpa.



Figura 10. Ensayo a compresión en bloques.

## 3. Resultados y Discusión

En esta sección se detalla los resultados obtenidos antes de realizar la mezcla (etapa preliminar), lo que incluye ensayos de los agregados y el diseño teórico de la mezcla. Así mismo se presentan los resultados obtenidos después de realizada la mezcla (etapa final), donde se analizan los resultados del ensayo a compresión simple de los bloques.

### 3.1 Etapa Preliminar

Aquí se presentan las propiedades de los agregados gruesos y finos, cascajo y polvo de piedra respectivamente, ilustradas en la Tabla 2 y el diseño de la mezcla para un hormigón de resistencia de 3,5 Mpa, como se indica en la Tabla 3 y Tabla 4.

**Tabla 2.** Propiedades de los materiales.

Materiales	P.e. (Kg/m <sup>3</sup> )	% Humedad	% Absorción	P.U.c(kg/m <sup>3</sup> )	P.U.s(kg/m <sup>3</sup> )
Agua	1000	-----	-----	-----	-----
Cemento	3150	-----	-----	-----	-----
Cascajo	1774	39,183	32,330	801	771
Polvo de piedra	2444	9,630	6,720	1664	1498

**Tabla 3.** Dosificación para 1 m<sup>3</sup> de hormigón en kg.

Material	Bloque 0 % material alternativo	Bloque 10% material alternativo	Bloque 20% material alternativo	Bloque 30% material alternativo	Bloque 40% material alternativo	Total
Agua	141,40	141,40	141,40	141,40	141,40	706,996
Cemento	167,93	167,93	167,93	167,93	167,93	839,663
Cascajo	238,41	238,41	238,41	238,41	238,41	1192,063
Polvo de piedra	1690,11	1521,10	1352,09	1183,077	1014,066	6760,442

**Tabla 4.** Dosificación para 1 m<sup>3</sup> de hormigón en m<sup>3</sup>.

Material	Bloque 0 % material alternativo	Bloque 10% material alternativo	Bloque 20% material alternativo	Bloque 30% material alternativo	Bloque 40% material alternativo	Total
Caucho	-----	0,0692	0,1383	0,2075	0,2766	0,692
Coquilla	-----	0,0692	0,1383	0,2075	0,2766	0,692

## 3.2 Etapa Final

Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los bloques a la edad de 28 días y se realiza un análisis comparativo entre bloques ordinarios y bloques con la introducción de los materiales alternativos.

### 3.2.1 Resistencia a la compresión de bloques con caucho y con coquilla de palma africana.

La norma NTE INEN 639, determina que para los ensayos a compresión en bloques de hormigón se deben tomar 3 unidades enteras [5]. Sin embargo al ser bloques

que no se encuentran en el mercado, lo más recomendable era realizar dicho ensayo a la mayor cantidad de bloques posibles.

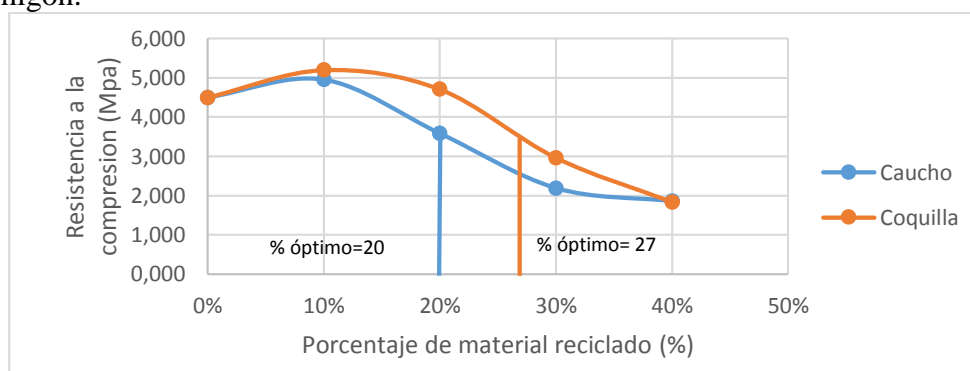
### 3.2.2 Resistencia a la compresión en bloques ordinarios.

Para realizar el análisis comparativo entre bloques ordinarios y bloques con caucho y con coquilla, se fabricaron 30 bloques de forma tradicional, de los cuales se ensayaron 24 unidades. En la Tabla 5, se presenta el resumen de los ensayos a compresión obtenidos en laboratorio.

**Tabla 5.** Resultados ensayos a compresión.

Muestra Nº	Resistencia Neta* (Mpa)								
	Ordinario	Caucho				Coquilla			
		10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
1	3,824	5,65	4,306	1,486	1,31	4,357	4,028	2,553	1,345
2	3,832	4,848	4,67	1,603	1,58	4,815	3,724	2,68	1,486
3	3,965	5,206	4,794	1,692	1,72	5,36	5,945	2,795	1,537
4	4,105	5,922	2,052	1,842	1,74	5,341	4,026	3,158	1,292
5	4,116	3,628	3,326	2,092	1,84	4,689	5,731	3,587	1,331
6	4,118	3,821	3,28	2,257	2,17	6,607	4,753	3,132	2,001
7	4,179	6,435	2,851	2,63	1,69	4,86	5,057	3,391	3,111
8	4,371	4,12	3,782	2,68	1,69	5,542	4,569	2,406	2,58
9	4,4		3,58	3,175	1,81		4,213		1,845
10	4,47		3,186	2,419	3,00		5,009		1,823
11	4,523								
12	4,564								
13	4,608								
14	4,613								
15	4,65								
16	4,7								
17	4,703								
18	4,76								
19	4,769								
20	4,84								
21	5,188								
22	4,832								
23	6,044								
24	3,809								
promedio	4,499	4,954	3,583	2,188	1,855	5,196	4,706	2,963	1,835
Desv. Estand.	0,494	1,030	0,844	0,546	0,456	0,695	0,742	0,418	0,597

En la figura 11 se observa la resistencia promedio de los diferentes tipos de bloques ensayados frente al porcentaje de material reciclado utilizado en la mezcla de hormigón.



**Figura 11.** Resistencia promedio vs porcentaje de material reciclado.

### 3.2.3 Distribución normal en bloques ordinarios.

En base a los resultados obtenidos, de la resistencia a la compresión en los bloques ordinarios, se verifico si el diseño de la mezcla para la elaboración de los bloques sigue o no una distribución normal.

Usando la prueba de chi cuadrado  $X^2_C$ , se pudo determinar la bondad de ajuste de la distribución normal a la resistencia de los bloques ordinarios, para lo cual el primer paso fue calcular los parámetros estadísticos de la muestra como son el promedio y la desviación

estándar, estos valores se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetro	Resultado
Promedio=	4,443
Desviación estándar=	0,3579
N=	21
Máximo=	5,188
Mínimo=	3,824
Rango=	1,364
# de intervalos=	5
Ancho de intervalo=	0,2728

**Tabla 7.** Ajuste de la distribución normal a los bloques ordinarios.

Limites			CDF						
Inferior	Superior	O	Inferior	Superior	Diferencia	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	$\frac{(O - E)^2}{E}$
3,824	4,097	3	0,04193	0,16688	0,12495	2,62399	0,376	0,141	0,053
4,097	4,370	4	0,16688	0,41902	0,25214	5,29490	-1,294	1,676	0,316
4,370	4,642	7	0,41902	0,71149	0,29248	6,14198	0,858	0,730	0,119
4,642	4,915	6	0,71149	0,90657	0,19507	4,09655	1,903	3,623	0,884
4,915	5,188	1	0,90657	0,98133	0,07476	1,57004	-0,570	0,324	0,206
		21						X <sup>2</sup> =	1,581
								GL=	2
								X <sup>2</sup> teórico=	5,99

**Tabla 8.** Distribución  $X^2_C$ .

GL	Error	Probable
	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
1	3,84	6,64
2	5,99	9,21
3	7,82	11,35
4	9,49	13,28
5	11,07	15,09
6	12,59	16,81
7	14,07	18,48
8	15,51	20,08
9	16,92	21,87
10	18,31	23,21

El valor total de la última columna en la Tabla 7 es  $X^2_C = 1,58$  y el valor teórico, para una probabilidad acumulada de  $1-\alpha = 0,95$  y  $v = m - p - 1 = 2$  grados de libertad  $X^2_{2;0,95} = 5,99$  [11]. Por consiguiente debido a que  $X^2_C < X^2_{2;0,95}$  se acepta la hipótesis nula, es decir que la distribución se ajusta a los datos con un 95% de confianza.

**Tabla 9:** Ajuste de la distribución normal a los bloques con 10% de caucho.

Limites			CDF						
Inferior	Superior	O	Inferior	Superior	Diferencia	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	$\frac{(O - E)^2}{E}$
3,628	4,330	3,000	0,099	0,272	0,173	1,386	1,614	2,603	1,878

Limites			CDF						
Inferior	Superior	O	Inferior	Superior	Diferencia	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	$\frac{(O - E)^2}{E}$
4,33	5,032	1	0,272	0,530	0,258	2,062	-1,062	1,127	0,547
5,032	5,733	2	0,530	0,775	0,245	1,963	0,037	0,001	0,001
5,733	6,435	2	0,775	0,925	0,149	1,195	0,805	0,647	0,542
		8							
								X <sup>2</sup> =	2,968
								GL=	1
								X <sup>2</sup>	
								teórico	3,84
								=	

**Tabla 10:** Ajuste de la distribución normal a los bloques con 20% de caucho.

Limites			CDF						
Inferior	Superior	O	Inferior	Superior	Diferencia	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	$\frac{(O - E)^2}{E}$
2,052	2,738	1	0,03481	0,15821	0,12340	1,23401	-0,234	0,054	0,044
2,738	3,423	4	0,15821	0,42493	0,26672	2,66719	1,332	1,776	0,666
3,423	4,109	2	0,42493	0,73344	0,30851	3,08508	-1,085	1,177	0,381
4,109	4,794	3	0,73344	0,92447	0,19103	1,91030	1,089	1,187	0,621
		10							
								X <sup>2</sup> =	1,713
								GL=	1
								X <sup>2</sup>	
								teórico=	3,84

**Tabla 11:** Ajuste de la distribución normal a los bloques con 10% de coquilla.

Limites			CDF						
Inferior	Superior	O	Inferior	Superior	Diferencia	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	$\frac{(O - E)^2}{E}$
4,357	4,920	4	0,11345	0,34510	0,23165	1,85316	2,146	4,608	2,487
4,920	5,482	2	0,34510	0,65953	0,31444	2,51549	-0,515	0,265	0,105
5,482	6,045	1	0,65953	0,88895	0,22942	1,83535	-0,835	0,697	0,380
6,045	6,607	1	0,88895	0,97886	0,08991	0,71927	0,280	0,078	0,109
		8							
								X <sup>2</sup> =	3,082
								GL=	1,000
								X <sup>2</sup> teórico=	3,840

**Tabla 12:** Ajuste de la distribución normal a los bloques con 20% de coquilla.

Límites		CDF		Diferencia	E	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Inferior	Superior	O	Inferior	Superior				
3,724	4,279	4	0,09287	0,28275	0,18988	1,89883	2,101	4,414
4,279	4,835	2	0,28275	0,56904	0,28629	2,86285	-0,862	0,744
4,835	5,390	2	0,56904	0,82187	0,25284	2,52837	-0,528	0,279
5,390	5,945	2	0,82187	0,95265	0,13078	1,30779	0,692	0,479
10								
X <sup>2</sup> =								3,061
GL=								1,000
X <sup>2</sup>								3,840
teórico=								

### 3.2.4 Análisis de los resultados.

Los bloques ordinarios presentan diferentes características frente a los bloques con material alternativo.

Su apariencia física, peso, contextura y color cambia a medida que el porcentaje de caucho y coquilla va en aumento.

#### I) Propiedades físicas.

Durante la obtención de las propiedades físicas se utilizó 3 unidades para los diferentes tipos de bloques y realizando un promedio de las tres unidades se obtuvo los resultados presentados en la Tabla 13.

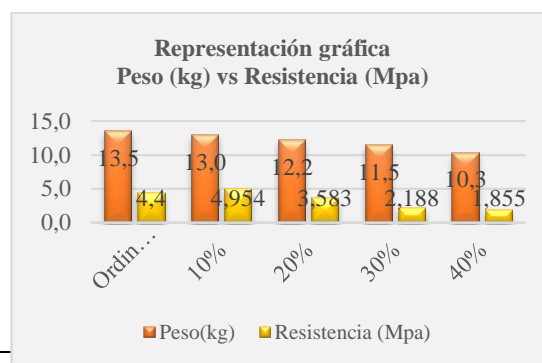
**Tabla 13.** Propiedades físicas de los bloques. Fuente: autoras

		Peso (kg)	Absorción (%)	Humedad (%)
Caucho	B. Ordinarios	13,5	15,4	84,4
	10%	12,1	11,5	25,7
	20%	11,1	14,1	28,1
	30%	10,9	17,6	31,7
	40%	9,8	18,2	55,8
Coquilla	10%	13,0	9,8	72,6
	20%	12,2	12,7	71,1
	30%	11,5	13,6	69,4
	40%	10,3	17,1	61,1

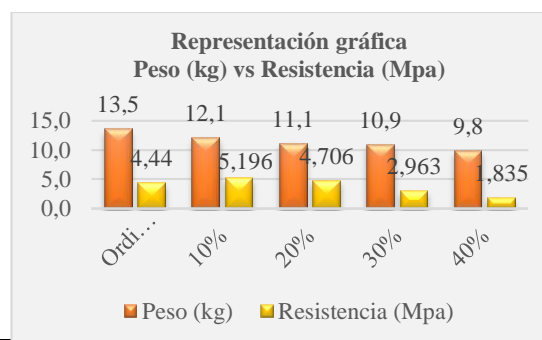
Los bloques con el aumento de material alternativo presentan mayor absorción y disminución de humedad.

#### II) Variación de resistencia y pesos.

Con la introducción de los materiales alternativos, el bloque disminuye su peso hasta un 27% de su peso normal y su resistencia va mejorando hasta en un 24% en comparación a un bloque ordinario. La variación de estas características se puede observar en la Figura 12 y Figura 13.



**Figura 12.** Variación del peso y resistencia en bloques con coquilla.



**Figura 13.** Variación del peso y resistencia en bloques con caucho.

#### 4. Conclusiones

Mediante el diseño propuesto para bloques de mampostería tipo D con una resistencia de 3,5 Mpa. dado por la norma, se concluye lo siguiente:

-Se puede observar que los especímenes ensayados con caucho presentan mejor adherencia con el resto de los materiales esto puede ser debido a la propiedad de elasticidad que posee el caucho, mientras tanto en los prototipos elaborados con la coquilla de palma se pudo observar que no presentan buena adherencia con el resto de los materiales razón por la cual, estos bloques poseen mayor porosidad en sus superficies.

-Los bloques ordinarios llegaron a pesar más de 13.5 kg con una resistencia promedio de 4.44 Mpa, con la introducción del material alternativo se dio el incremento de la resistencia a la compresión hasta el 24% de la resistencia mínima con una disminución de peso que llega a los 11 kg.

-Usando la prueba de chi cuadrado  $X_C^2$ , se pudo determinar la bondad de ajuste de la distribución normal a la resistencia de los bloques y debido a que  $X_C^2 < X_{2;0.95}^2$  se aceptó la hipótesis nula, es decir que la distribución se ajusta a los datos con un 95% de confianza.

-Se obtuvieron bloques con mayor resistencia además amigables con el medio ambiente al reutilizar materiales reciclados en la elaboración de la mezcla, asimismo estos bloques elaborados con caucho y coquilla de palma africana son más económicos en comparación a los bloques ordinarios que actualmente cuesta 40 centavos y los bloques con el 10% - 20% de caucho tendrían un costo de 36 centavos y los bloques con el 10% - 20% de coquilla tendrían un valor de 37 centavos, generando un ahorro de 3 y 4 centavos por unidad de bloque.

#### 5. Recomendaciones

Las recomendaciones presentadas a continuación se dan en base al procedimiento experimental realizado en este artículo:

-Para el diseño de la dosificación del hormigón es necesario la utilización de normas actuales vigentes en el país.

-En la recolección de los materiales alternativos se recomienda abastecerse con un 25% más de la cantidad necesaria ya que siempre existe desperdicio de material.

-Para la utilización de la coquilla de palma africana se recomienda lavar y tamizar el material ya que podría contener desechos orgánicos que perjudiquen la resistencia de la mezcla.

-Durante la fabricación de los bloques se recomienda la utilización de orejeras de buena calidad como protección para el ruido que genera la maquina vibro compactadora.

-En base a los procedimientos realizados para la fabricación de los bloques se determinó que el tiempo promedio de mezclado del hormigón con el caucho y/o coquilla, debe ser mayor a 5 minutos para lograr una mejor integración de los materiales y que estos no queden dispersos.

-Para bloques de mampostería no soportante se recomienda descartar las proporciones del 30 % y 40% de material alternativo ya que no cumplen con la resistencia mínima requerida de 3.5 Mpa.


## Referencias

- [1] V. Chicaiza, "Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre bloques tradicionales y bloques elaborados con poliestireno expandido granular y bloques elaborados con tusa de maíz triturado como sustituto parcial del agregado grueso", Proyecto de titulación, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador 2017.
- [2] A. Zambrano, "Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya" Proyecto de titulación, Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador Ago. 2016.
- [3] N.T.E. INEN 638, "Bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificación y condiciones generales", Quito, 2014.
- [4] N.T.E. INEN 643, "Bloques huecos de hormigón. Requisitos", Quito, 2014.
- [5] N.T.E. INEN 639, "Bloques huecos de hormigón. muestreo y ensayos", Quito, 2012.
- [6] N.T.E. INEN 152, "Cemento portland. requisitos", Quito, 2012.
- [7] ACI Committe 211.1-91 (R 2002), Standard Practice for Selecting Properties for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, Detroit: American Concrete Institute, 1991.
- [8] Asocreto, "Tecnología de concreto", 3era ed., vol. 3, Ed. Nomos Impresores, Bogotá, 2010, pp. 198-202.
- [9] N.T.E. INEN 1578, "Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento", Quito, 2010.
- [10] N.T.E. INEN 2619, "Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Refrentado para el ensayo a compresión", Quito, 2012.
- [11] C. Gutierrez, "Hidrología básica y aplicada", 1era ed., vol 1, Ed. ABYA- YALA, Quito, 2014, pp. 193.




## ANALISIS DE PRECIO UNITARIO PARA UN BLOQUE.


### PRECIO DE UN BLOQUE ORDINARIO 0.40 CTVS.

		UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL			
		FACULTAD DE INGENIERIA			
NOMBRE: LEON CLARA – VALLEJO ERIKA					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta Menor	1,00	0,00	0,00	0,0089	0,0024
Mezcladora	1,00	2,60	2,60	0,0089	0,0231
Vibro compactadora	1,00	2,85	2,85	0,0089	0,0253
SUBTOTAL					0,0508
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	0,50	3,51	1,76	0,0089	0,0156
Obreo especializado en la elaboración de Prefabricados de	1,00	3,55	3,55	0,0089	0,0316
SUBTOTAL					0,0472
MATERIALES					
	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cemento	kg	1,061262	0,16	0,1698	
Arido fino	m3	0,004370	11,87	0,0519	
Arido grueso	m3	0,000849	11,87	0,0101	
Agua	m3	0,000894	0,015	0,0000	
SUBTOTAL					0,2318
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					0,33
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					20,00% 0,07
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					0,40
VALOR OFERTADO:					0,40
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					

## PRECIO DE UN BLOQUE CON 10 % Y 20% DE CAUCHO 0,36 CTVS.

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA			
NOMBRE: LEON CLARA – VALLEJO ERIKA					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta Menor	1,00	0,00	0,00	0,0067	0,0018
Mezcladora	1,00	2,60	2,60	0,0067	0,0174
Vibro compactadora	1,00	2,85	2,85	0,0067	0,0191
SUBTOTAL					0,0383
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	0,50	3,51	1,76	0,0067	0,0118
Obreo especializado en la elaboración de Prefabricados de hormigon	1,00	3,55	3,55	0,0067	0,0238
SUBTOTAL					0,0355
MATERIALES					
	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cemento	kg	1,061262	0,16	0,1698	
Arido fino	m3	0,003933	11,87	0,0467	
Arido grueso	m3	0,000849	11,87	0,0101	
Caucho 10%	m3	0,000437	2,5	0,0011	
Agua	m3	0,000894	0,015	0,0000	
SUBTOTAL					0,2277
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,30
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					20,00%
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					0,36
VALOR OFERTADO:					0,36
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					

## PRECIO DE UN BLOQUE CON 10% Y 20 % DE COQUILLA DE PALMA AFRICANA 0,37 CTVS.

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA			
NOMBRE: LEON CLARA – VALLEJO ERIKA					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Herramienta Menor	1,00	0,00	0,00	0,0073	0,0019
Mezcladora	1,00	2,60	2,60	0,0073	0,0189
Vibro compactadora	1,00	2,85	2,85	0,0073	0,0207
SUBTOTAL					0,0416
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C = A x B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C x R
Peón	0,50	3,51	1,76	0,0073	0,0128
Obreo especializado en la elaboración de Prefabricados de	1,00	3,55	3,55	0,0073	0,0258
SUBTOTAL					0,0386
MATERIALES					
	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C = A x B	
Cemento	kg	1,061262	0,16	0,1698	
Arido fino	m3	0,003933	11,87	0,0467	
Arido grueso	m3	0,000849	11,87	0,0101	
Coquilla 10%	m3	0,000437	6	0,0026	
Agua	m3	0,000894	0,015	0,0000	
SUBTOTAL					0,2292
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C = A x B	
SUBTOTAL					0,2292
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,31
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					20,00%
OTROS INDIRECTOS:					0,06
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					0,37
VALOR OFERTADO:					0,37
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					